

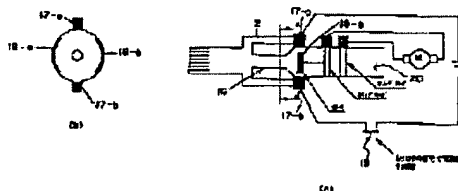
ELECTRIC POWER STEERING DEVICE**Publication number:** JP8258732**Publication date:** 1996-10-08**Inventor:** KUBOTA MASAHIRO; NAKADA MORITSUNE;
FUKUYAMA YUICHI**Applicant:** NISSAN MOTOR**Classification:****- International:** B62D6/00; B62D5/04; B62D6/00; B62D5/04; (IPC1-7):
B62D5/04; B62D6/00; B62D101/00; B62D117/00;
B62D119/00**- European:****Application number:** JP19950093002 19950327**Priority number(s):** JP19950093002 19950327

Report a data error here

Abstract of JP8258732

PURPOSE: To suppress the rapid build up of a command current value, and so on, by finding the change rate of a steering state from the output of a sensor part for detecting information concerning the steering state, multiplying a predetermined current value by the change rate so as to calculate the current value of deterioration with age, and determining, as corrective current, such a value that the steering force is multiplied by the current value of the deterioration with age.

CONSTITUTION: The magnitude of the torsion of a torsion bar 16 becomes over the distance of a dead zone when a steering wheel is rotatively operated, conductive brushes 17-a, 17-b and conductors 18-a, 18-b are brought in contact with each other, and an assist motor M is rotated so that the rotative steering of a car wheel is helped to be energized. At this time, in a controller, input current is multiplied by the detection value of steering force so as to calculate reference current, and a command current value is calculated by multiplying steering force differential current, steering speed current and steering acceleration current by this reference current. This command current value and current supplied from a battery to the assist motor M are compared with each other, and when the difference therebetween is over a predetermined value, a switch device 19 is controlled so as to amplify supply current.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

特開平8-258732

(43) 公開日 平成8年(1996)10月8日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
B 6 2 D 5/04			B 6 2 D 5/04	
6/00			6/00	
// B 6 2 D 101:00				
117:00				
119:00				

審査請求 未請求 請求項の数 4 F D (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願平7-93002

(22) 出願日 平成7年(1995)3月27日

(71) 出願人 000003997

日産自動車株式会社

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地

(72) 発明者 久保田 正博

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産
自動車株式会社内

(72) 発明者 中田 守恒

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産
自動車株式会社内

(72) 発明者 福山 雄一

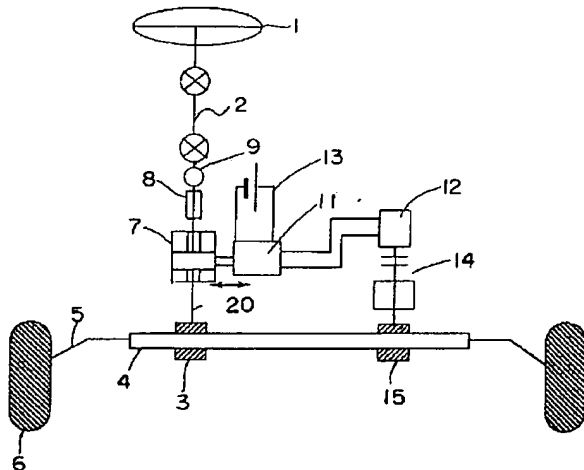
神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産
自動車株式会社内

(54) 【発明の名称】 電動式パワーステアリング装置

(57) 【要約】

【目的】 本発明は、電動式パワーステアリング装置において、従来の慣性補正の効果を損なうことなく、電動モータのアシストトルクの急変を抑制して自然な操舵感が得られる技術を提供することを目的とする。

【構成】 センサ部が検出した値を、所定の電流値に乗算して基本電流値を算出する基本電流算出部と、センサ部が検出した値を解析して得られる操舵状態の変化量を表す値を、所定の電流値に乗算して経時変化電流値を算出する経時変化電流算出部と、前記経時変化電流算出部が算出した経時変化電流値にセンサ部が検出した操舵力の値を乗算する操舵力乗算部と、前記基本電流算出部が算出した基本電流値に、前記操舵力乗算部が算出した値を加算して電動モータへ供給する電流の指令値を決定する指令電流値決定部とを有する電流制御部を備える電動式パワーステアリング装置。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 車両の車輪を転向する操舵力を補助する電動モータと、

操舵ハンドルの操舵力を含む操舵ハンドルの操舵状態に関する情報を検出するセンサ部と、

前記センサ部の検出する情報に基づいて前記電動モータの回転方向を切り換えるスイッチ回路と、

前記センサ部が検出する情報に基づいて前記電動モータへ供給すべき電流値を決定する電流制御部とを備えた電動式パワーステアリング装置において、

前記電流制御部は、前記センサ部が検出した操舵力の値を、所定の電流値に乗算して基本電流値を算出する基本電流算出部と、

前記センサ部が検出した値を解析して得られる操舵状態の変化量を表す値を、所定の電流値に乗算して経時変化電流値を算出する経時変化電流算出部と、

前記経時変化電流算出部が算出した経時変化電流値に前記センサ部が検出した操舵力の値を乗算する操舵力乗算部と、

前記基本電流算出部が算出した基本電流値に、前記操舵力乗算部が算出した値を加算して電動モータへ供給すべき電流の指令値を決定する指令電流値決定部とを有することを特徴とする電動式パワーステアリング装置。

【請求項2】 車両の車輪を転向する操舵力を補助する電動モータと、

操舵ハンドルの操舵力を含む操舵ハンドルの操舵状態に関する情報を検出するセンサ部と、

前記センサ部の検出する情報に基づいて前記電動モータの回転方向を切り換えるスイッチ回路と、

前記センサ部が検出する情報に基づいて前記電動モータへ供給すべき電流値を決定する電流制御部とを備えた電動式パワーステアリング装置において、

前記電流制御部は、前記センサ部が検出した操舵力の値を所定の電流値に乗算して、基本電流値を算出する基本電流算出部と、

前記センサ部が検出した値を解析して得られる操舵状態の変化量を表す値を、所定の電流値に乗算して、経時変化電流値を算出する経時変化電流算出部と、

前記経時変化電流値に対応する閾値を設定し、前記センサ部が検出する操舵力の値が前記閾値を越えている間は前記経時変化電流量を立ち上げる電流立ち上げ部と、

前記経時変化電流値が立ち上げられている場合は、前記基本電流が算出した基本電流値に、前記経時変化電流値を加算して前記電動モータへ供給すべき電流の指令値とし、前記経時変化電流値が立ち上げられていない場合は、前記基本電流算出部が算出した基本電流値を前記電動モータへ供給すべき電流の指令値とする指令電流値決定部とを有することを特徴とする電動式パワーステアリング装置。

【請求項3】 車両の車輪を転向する操舵力を補助する

電動モータと、

操舵ハンドルの操舵力を含む操舵ハンドルの操舵状態に関する情報を検出するセンサ部と、

前記センサ部の検出する情報に基づいて前記電動モータの回転方向を切り換えるスイッチ回路と、

前記センサ部が検出する情報に基づいて前記電動モータへ供給すべき電流値を決定する電流制御部とを備えた電動式パワーステアリング装置において、

前記電流制御部は、前記センサ部が検出した操舵力の値を、所定の電流値に乗算して、基本電流値を算出する基本電流算出部と、

前記センサ部が検出した値を解析して得られる操舵状態の変化量を表す値を、所定の電流値に乗算して、経時変化電流値を算出する経時変化電流算出部と、

前記経時変化電流値の立ち上げ時間を特定する時定数を設定し、前記時定数に基づいて前記経時変化電流値を立ち上げる電流立ち上げ部と、

前記基本電流算出部が算出した基本電流値に、前記電流立ち上げ部が立ち上げた値を加算して、前記電動モータへ供給すべき電流の指令値を決定する指令電流値決定部とを有することを特徴とする電動式パワーステアリング装置。

【請求項4】 車両の車輪を転向する操舵力を補助する電動モータと、

操舵ハンドルの操舵力を含む操舵ハンドルの操舵状態を含む情報を検出するセンサ部と、

前記センサ部の検出する情報に基づいて前記電動モータの回転方向を切り換えるスイッチ回路と、

前記センサ部が検出する情報に基づいて前記電動モータへ供給すべき電流値を決定する電流制御部とを備えた電動式パワーステアリング装置において、

前記電流制御部は、前記センサ部が検出した操舵力の値を、所定の電流値に乗算して、基本電流値を算出する基本電流算出部と、

前記センサ部が検出した値を解析して得られる操舵状態の変化量を表す値を、所定の電流値に乗算して、経時変化電流値を算出する経時変化電流算出部と、

前記経時変化電流値に対応する所定時間を設定し、前記基本電流値の立ち上げ時点から前記所定時間が経過した時に、前記経時変化電流値を立ち上げる電流立ち上げ部と、

前記経時変化電流値が立ち上げられている場合は、前記基本電流算出部が算出した基本電流値に、前記経時変化電流値を加算して、前記電動モータへ供給すべき電流の指令値とし、前記経時変化電流値が立ち上げられていない場合は、前記基本電流算出部が算出した基本電流値を前記電動モータへ供給すべき電流の指令値とする指令電流値決定部とを有することを特徴とする電動式パワーステアリング装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、電動式のパワーステアリング装置に関する。

【0002】

【従来の技術】車両のパワーステアリング装置は、運転者が操舵ハンドルを回転させるために必要な操舵力を補助し、運転者にかかる負担を軽減することを目的とする装置である。

【0003】従来、パワーステアリング装置は、油圧式のものがあったが、小型・軽量化、低コスト化等を図ることが困難であるという点から、電動モータを利用したものが実用化されるようになってきている。

【0004】電動式パワーステアリングは、操舵ハンドルに接続された入力軸と、車輪を轉向させる作動部にピニオンギヤ等を介して接続される出力軸とをトーションバー等の弾性部材を介して接続している。さらに、電動式パワーステアリング装置は、出力軸の回転力を補助する電動モータと、入力軸の回転方向に応じて電動モータの回転方向を切り換えるスイッチ回路とを備えている。

【0005】このスイッチ回路は、例えば、入力軸と出力軸との各々に、中立付近では離反する一方、入力軸と出力軸との間に相対捻れ発生すると接触する導電性の接点を設けて構成されている。そして、入力軸側の接点と出力軸側の接点とが接触すると、バッテリーの電流が電動モータへ通電されるようになっている。

【0006】また、入力軸側の接点と出力軸側の接点との間には、所定の間隔（不感帯）が設けられており、操舵ハンドルを狭い範囲内で回転させた場合には双方の接点が接触しないようにしてある。つまり、車輪が路面変化等の影響を受けて微妙に轉向され、これにともなって操舵ハンドルも微妙に回転するような場合に、入力軸側の接点と出力軸側の接点とが接触するのを防止している。

【0007】さらに、電動式パワーステアリング装置では、自然な操舵感を得る為に、電動モータへ供給すべき電流値を補正している。この補正は、例えば、操舵初期における電動モータの回転トルクの立ち上がりを早くするための電流補正や、路面変化等の影響による操舵ハンドルのばたつきを抑えるための電流補正等が行われている。

【0008】ここで、従来の電流補正の一例を図21に示す。同図は、説明を簡略化するため、操舵角と操舵力とが比例するものとしている。図21(a)は、操舵力(T_H)と基本電流(I_{pc})のふるまいを示している。基本電流(I_{pc})は、所定の入力電流(K_{pc})に操舵力(T_H)を乗算したものである。

【0009】図21(b)は、操舵力(T_H)の微分値(dT_H/dt)と操舵力微分電流(I_{oc})のふるまいを示している。操舵力微分電流(I_{oc})は、所定の入力電流(K_{oc})に操舵力微分(dT_H/dt)を乗算して

得られる電流である。尚、操舵力微分電流(I_{oc})は、上記基本電流(I_{pc})の補正電流として加算される電流であり、電動モータの立ち上がりを早めるための電流である。

【0010】図21(c)は、操舵速($d\theta_H/dt$)と操舵速電流(I_{po})のふるまいを示している。操舵速電流(I_{po})は、所定の入力電流(K_{po})に操舵速($d\theta_H/dt$)を乗算して得られる電流である。この操舵速電流(I_{po})は、操舵速($d\theta_H/dt$)とは符号が逆になるように設定され、上記基本電流(I_{pc})の補正電流として加算されるものであり、路面変化等による操舵ハンドルのばたつきを抑制するための電流である。

【0011】図21(d)は、操舵速($d\theta_H/dt$)を微分した操舵加速度($d^2\theta_H/d^2t$)と操舵加速度電流(I_{ka})のふるまいを示している。操舵加速度電流(I_{ka})は、所定の入力電流(K_{ka})に操舵加速度($d^2\theta_H/d^2t$)を乗算して得られる電流である。そして、舵加速度電流(I_{ka})は、上記基本電流(I_{pc})の補正電流として加算されるものであり、電動モータの回転トルクの立ち上がりを早めるための電流である。

【0012】図21(e)は、電動モータへ供給すべき電流(I)を示しており、これは図21(a)～図21(d)に示す電流を総て合算したものである。つまり、 $I = I_{pc} + I_{oc} + I_{po} + I_{ka}$ となる。

【0013】このような電流補正を行った場合の、指令電流値の周波数と、操舵力/操舵角の位相との関係を図22に示す。同図において、位相が90度までは、操舵力に対する操舵角の遅れが小さく、電動モータの立ち上げ補正や操舵ハンドルのふれ補正等の慣性補正が十分に効果的であることがわかる。ここで、位相90度の周波数を臨界周波数とする。

【0014】ところで、上記の電動式パワーステアリング装置では、慣性補正が効果的に行われているにもかかわらず、機械的な構造上前述のような不感帯が存在し、操舵ハンドルの切り返し等を行った場合には、不感帯の前後において、モータ電流の断絶が発生する。このため、電動モータから発生するアシストトルクが急激に変化し、自然な操舵感を損なう虞がある。この具体例を図23に示す。同図は、従来の電動式パワーステアリング装置を搭載した車両でスラローム走行を行った際の操舵力と操舵角との関係を示している。図中Sはハンドル操作の開始点であり、操舵力0より操舵角は共に零である。図中の太線で示した部分において、操舵ハンドルの切り返しを行った場合に、不感帯の前後で図中P、Qのような操舵力の急変が発生しており、運転者に対して不自然な操舵感を与えるという問題がある。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】そこで、本発明は、上記問題点を鑑みてなされたものであり、電動式パワース

テアリング装置において、従来の慣性補正の効果を損なうことなく、電動モータへ供給すべき電流を制御し、電流値の急激な変化を抑制することにより電動モータから発生する回転トルクの急変を防止し、より自然な操舵感を得られる技術を提供することを課題とする。

【0016】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記課題を解決するために以下のようにした。本発明は、車両の車輪を転向する操舵力を補助する電動モータと、操舵ハンドルの操舵力を含む操舵ハンドルの操舵状態に関する情報10を検出するセンサ部と、前記センサ部の検出する情報に基づいて前記電動モータの回転方向を切り換えるスイッチ回路と、前記センサ部が検出する情報に基づいて前記電動モータへ供給すべき電流値を決定する電流制御部とを備えた電動式パワーステアリング装置に関するものである。

【0017】そして、(1)第1の発明では、前記電流制御部は、前記センサ部が検出した操舵力の値を、所定の電流値に乗算して、基本電流値を算出する基本電流算出部と、前記センサ部が検出した値を解析して得られる操舵状態の変化量を表す値を、所定の電流値に乗算して、経時変化電流値を算出する経時変化電流算出部と、前記経時変化電流算出部が算出した経時変化電流値に前記センサ部が検出した操舵力の値を乗算する操舵力乗算部と、前記基本電流算出部が算出した基本電流値に、前記操舵力乗算部が算出した値を加算して電動モータへ供給すべき電流の指令値を決定する指令電流値決定部とを有する(請求項1に対応)。

【0018】また、(2)第2の発明では、前記電流制御部は、前記センサ部が検出した操舵力の値を、所定の電流値に乗算して基本電流値を算出する基本電流算出部と、前記センサ部が検出した値を解析して得られる操舵状態の変化量を表す値を、所定の電流値に乗算して、経時変化電流値を算出する経時変化電流算出部と、前記経時変化電流値に対応する閾値を設定し、前記センサ部が検出する操舵力の値が前記閾値を越えている間は前記閾値に対応する経時変化電流量を立ち上げる電流立ち上げ部と、前記経時変化電流値が立ち上げられている場合は、前記基本電流算出部が算出した基本電流値に、前記経時変化電流値を加算して前記電動モータへ供給すべき電流の指令値とし、前記経時変化電流値が立ち上げられていない場合は、前記基本電流算出部が算出した基本電流値を、前記電動モータへ供給すべき電流の指令値とする指令電流値決定部とを有する(請求項2に対応)。

【0019】さらに、(3)第3の発明では、前記電流制御部は、前記センサ部が検出した操舵力の値を、所定の電流値に乗算して、基本電流値を算出する基本電流算出部と、前記センサ部が検出した値を解析して得られる操舵状態の変化量を表す値を、所定の電流値に乗算して、経時変化電流値を算出する経時変化電流算出部と、

前記経時変化電流値の立ち上げ時間を特定する時定数を設定し、前記時定数に基づいて前記経時変化電流値を立ち上げる電流立ち上げ部と、前記基本電流算出部が算出した基本電流値に、前記電流立ち上げ部が立ち上げた値を加算して、前記電動モータへ供給すべき電流の指令値を決定する指令電流値決定部とを有する(請求項3に対応)。

【0020】また、(4)第4の発明では、前記電流制御部は、前記センサ部が検出した操舵力の値を、所定の電流値に乗算して、基本電流値を算出する基本電流算出部と、前記センサ部が検出した値を解析して得られる操舵状態の変化量を表す値を、所定の電流値に乗算して、経時変化電流値を算出する経時変化電流算出部と、前記経時変化電流値に対応する所定時間を設定し、前記基本電流値の立ち上げ時点から前記所定時間が経過した時に、前記経時変化電流値を立ち上げる電流立ち上げ部と、前記経時変化電流値が立ち上げられている場合は、前記基本電流算出部が算出した基本電流値に、前記経時変化電流値を加算して前記電動モータへ供給すべき電流の指令値とし、前記経時変化電流値が立ち上げられていない場合は、前記基本電流算出部が算出した基本電流値を、前記電動モータへ供給すべき電流の指令値とする指令電流値決定部とを有する(請求項4に対応)。

【0021】

【作用】第1の発明によれば、電流制御部は、経時変化電流に、操舵力を乗算する。そして、電流制御部は、操舵力を乗算した経時変化電流と基本電流とを合算して指令電流値を決定する。

【0022】ここで、操舵力は、操舵初期において零から滑らかに立ち上がっていくものであり、この値を乗算した経時変化電流は、操舵初期において電流値"0"から立ち上がるようになる。そして、立ち上がり時の指令電流値は、基本電流値に依存することになる。

【0023】基本電流値は、前記センサ部が検出した値を、所定の電流値に乗算して得られる電流値であり、前記センサ部の検出値として操舵初期において"0"から立ち上がる検出値を選択すればよい。このとき、指令電流値の立ち上がり電流値は"0"となる。

【0024】また、第2の発明によれば、電流制御部は、基本電流値を立ち上げても、センサ部が検出した操舵力が閾値に達するまでは、経時変化電流を立ち上げない。つまり、操舵力が閾値に達していない間は、電流制御部は、基本電流値をそのまま指令電流値として出力することになる。そして、操舵力が閾値に達した時点で、その閾値に対応する経時変化電流値を立ち上げる。このため、立ち上がり時の指令電流値は、基本電流値の立ち上がり電流値となる。その後、操舵力が閾値に達するまでは基本電流値と同一に変化する。操舵力が閾値に達すると、指令電流値は、基本電流値と経時変化電流値との加算値となる。

【0025】ここで、基本電流値を決定するセンサ部の検出値として、操舵力のような“0”から立ち上がる検出値を選択すれば、指令電流値は“0”から立ち上がるようになる。

【0026】さらに、第3の発明によれば、電流制御部は、経時変化電流を立ち上げる際に、経時変化電流を時間関数処理やフィルタ処理を施すことにより、時定数に基づいて立ち上げ値をなましている。つまり、時間関数処理を例にすると、経時変化電流の時定数をTとした場合、経時変化電流の立ち上げ時から所定時間Tが経過するまでの間は、経時変化電流値に対して、立ち上げからの経過時間を乗算する。これにより、立ち上げ時には、経時変化電流値に経過時間“0”を乗算することになり、経時変化電流の立ち上げ電流値は“0”となる。従って、指令電流値の立ち上げ電流値は、基本電流の立ち上げ電流値に依存することになる。ここで、第1の発明と同様、基本電流を電流値“0”から立ち上がる電流とすれば、指令電流値の立ち上がり電流値は、“0”となる。

【0027】また、本発明の第4の構成によれば、電流制御部は、各経時変化電流値毎に異なる所定時間を設定しており、基本電流値を立ち上げた時点から所定時間経過後に経時変化電流値を立ち上げる。このため、指令電流値の立ち上げ電流値は、基本電流値に依存することになる。ここで、上記第1の発明と同様に、基本電流を“0”から立ち上がる電流とすれば、指令電流値の立ち上げ電流値は“0”になる。

【0028】

【実施例】

【0029】

【実施例1】図1は、本発明の電動式パワーステアリング装置を適用する車両のステアリング機構の一例を示す図面である。

【0030】このステアリング機構は、入力軸2の一端に操舵ハンドル1が取り付けられており、入力軸2の他端にはトーションバー16を介して出力軸20が接続されている。

【0031】出力軸20の先端にはビニオンギヤ3が取り付けられ、このビニオンギヤ3は、左右の車輪6のナックルアーム5を稼働させるラック4と噛み合っている。この構成において、操舵ハンドル1の回転力は、入力軸2からトーションバー16を介して出力軸20へ伝達され、出力軸20の回転力はビニオンギヤ3を介してラック4へ伝達される。このとき、回転運動は直線運動へ変換され、左右のナックルアーム5を稼働することにより、車輪6の転向を行うことができるようになっている。

【0032】また、入力軸2の途中には、操舵力センサ8と操舵速センサ9とが取り付けられている。入力軸2と出力軸20とをトーションバー16を介して接続する

部分には、スイッチ回路7が取り付けられている。

【0033】スイッチ回路7は、バッテリー13とコントローラ11とが接続されている。さらに、コントローラ11には、アシストモータ12が接続されている。アシストモータ12の回転軸14には、ビニオンギヤ15が取り付けられ、このビニオンギヤ15は、ラック4に噛み合っている。そして、アシストモータ12の回転力は、ビニオンギヤ15を経てラック4へ伝達され、操舵ハンドル1による操舵を補助する。

【0034】ここで、図2に、スイッチ回路7の構成を示す。同図において、スイッチ回路7は、二つの電導ブラシ17a・17bを入力軸2の対面する位置に取り付けている。さらに、電導ブラシ17a・17bは、スプリング等の付勢部材により出力軸20の円周面上に押し付けられている。一方、出力軸20の対面する位置には、それぞれ弧状の導体18a・18bが取り付けられている。尚、操舵ハンドル1の操舵角が中立状態のときは、電導ブラシ17aと導体18a、電導ブラシ17aと導体18b、電導ブラシ17bと導体18a、及び電導ブラシ17bと導体18bは、各々周方向に等間隔はなれて位置するようにしている。

【0035】さらに、電導ブラシ17aは、バッテリーの正端子へ接続され、電導ブラシ17bはバッテリーの負端子へ接続されている。また、導体18aと導体18bとは、スリップリング等を介してアシストモータの正負端子へ接続されている。

【0036】さらに、電導ブラシ17bとバッテリーとの間には、電流のオン／オフを切り換えるスイッチングデバイス19が設けられている。このスイッチングデバイス19は、FET等で構成されている。

【0037】図3に、コントローラ11とスイッチ回路7とを備えたシステムの等価回路を示す。同図において、システムは、電流指令発生部21、ドライバ制御部22、スイッチ回路7、フェール判断部23を備えている。

【0038】電流指令発生部21は、操舵速センサ9、操舵力センサ8、車速センサ10等のセンサをインタフェースI/Fを介してCPU（中央演算処理装置）21aへ接続して構成されている。

【0039】CPU（中央演算処理装置）21aは、各センサの検出信号を解析して、バッテリー13からアシストモータ12へ供給すべき電流の大きさ及び電流供給オン／オフを決定する。

【0040】フェール判断部23は、操舵力センサ8の検出信号が所定値を越えた場合や、アシストモータ12に供給されている電流値が所定値を越えた場合等に、フェールセーフリレー24及びドライバ制御部22を制御してバッテリー13からアシストモータ12に対する電流供給を停止させる。

【0041】ドライバ制御部22は、増幅器22a、誤

差増幅器22b、キャリア22c、コンパレータ22d、ゲートドライバ22eを備えている。増幅器22aは、バッテリー13とスイッチ回路7との接続経路上に配置され、バッテリー13からスイッチ回路7へ供給されている電流値を検出して誤差増幅器22bへ入力させる。

【0042】誤差増幅器22bは、増幅器22aと電流指令発生部22とコンパレータ22dとに接続されており、増幅器22aから入力した電流値と電流指令発生部22から入力した指令電流値との差分を増幅してコンパレータ22dへ入力させる。

【0043】コンパレータ22dが有する二つの入力端子のうち、一方の入力端子は、誤差増幅器22bへ接続され、他方の入力端子はキャリア22cへ接続されている。さらに、コンパレータ22dの出力は、ゲートドライバ22eへ接続されている。このコンパレータ22dは、誤差増幅器22bから入力された値とキャリア22cから入力された所定値とを比較し、比較結果をゲートドライバ22eへ入力させる。

【0044】ゲートドライバ22eは、誤差増幅器22bからの入力値がキャリアの所定値を越えていると、スイッチングデバイス19を制御してスイッチ回路7に対する供給電流を増幅させる。さらに、ゲートドライバ22eは、フェール判断部23と接続されており、フェール判断部23からゲート禁止命令を入力すると、スイッチングデバイス19を制御してスイッチ回路7への電流供給を停止させる。

【0045】スイッチ回路7は、入力軸の回転方向に基づいてアシストモータへ供給すべき電流の向きを切り換えるものである。ここで、スイッチ回路7の動作例を図4に沿って説明する。

【0046】図4(a)は、操舵ハンドル1の操舵角が中立状態あるいは不感帯領域に有る場合のスイッチ回路7の等価回路を示している。この場合、図中スイッチ1(SW1)の端子Aと端子Cとが接触し、スイッチ2(SW2)の端子Aと端子Cとが接触した状態にあり、アシストモータ12の両端子間の電位差は"0"になっている。

【0047】図4(b)は、操舵ハンドル1を右に操舵し、入力軸2と出力軸20との相対捻れ量が不感帯の距離より大きくなり、電導ブラシ17a・17bと導体18a・18bとが接触した場合のスイッチ回路7の等価回路を示している。この場合、図中スイッチ1(SW1)の端子Aと端子Cとが接触すると同時に、スイッチ2(SW2)の端子Bと端子Cとが接触し、アシストモータ12の両端子間に電位差が生じる。そして、アシストモータ12は、回転を開始する。

【0048】図4(c)は、操舵ハンドル1を左に操舵し、入力軸2と出力軸20との相対捻れ量が不感帯の距離より大きくなり、電導ブラシ17a・17bと導体18a・18bとが接触した場合のスイッチ回路7の等価

回路を示している。この場合、図中スイッチ1(SW1)の端子Bと端子Cとが接触すると同時に、スイッチ2(SW2)の端子Aと端子Cとが接触し、アシストモータ12の両端子間に電位差が生じる。そして、アシストモータ12は、図4(b)とは逆方向に回転する。

次に、本実施例1における電流補正について述べる。

尚、本実施例では、説明を簡略化するために操舵角と操舵力とは比例するものとする。

【0049】電流指令発生部21は、基本電流値に経時変化電流値を加算することにより、電流補正を行う。基本電流(I_{pc})は、操舵力センサ8が検出した値を、所定の入力電流に乗算して得られる電流である。ここでいう入力電流は、トーションバー16の捻れ角に対応する電流のゲイン(K_{pc})である。

【0050】また、本実施例1では、経時変化電流値として、操舵力微分電流(I_{oc})と、操舵速電流(I_{po})と、操舵加速度電流(I_{ka})とを用いるものとする。操舵力微分電流(I_{oc})は、操舵力センサ8が検出した操舵力を時間で微分して得られる操舵力微分を、トーションバー16の捻れ角速度に対する電流のゲイン(K_{oc})に乗算して得られる。

【0051】操舵速電流(I_{po})は、操舵速センサ9が検出した操舵速を、所定の入力電流に乗算して得られる電流であり、前記検出された操舵速とは符号が逆になるように設定される。ここでいう入力電流は、操舵ハンドル1の角速度に対応する電流のゲイン(K_{po})である。

【0052】操舵加速度電流(I_{ka})は、操舵速センサ9が検出した操舵速を時間で微分して得られる操舵加速度を、所定の入力電流に乗算して得られる電流である。この入力電流は、操舵角加速度に対応する電流のゲイン(K_{ka})である。

【0053】ここで、本発明の電流制御部について述べる。本実施例1における電流制御部は、電流指令発生部21のCPU21aが図示しないメモリのプログラムを実行することにより実現されるものであり、この機能別構成を図5に示す。

【0054】同図において、電流制御部は、基本電流算出部210と、経時変化電流算出部としての操舵力微分電流算出部220、操舵速電流算出部230、及び操舵加速度電流算出部240と、操舵力乗算部250と、指令電流値決定部260とを備えている。

【0055】基本電流算出部210は、操舵力センサ8の検出値(T_{HT})を入力電流(K_{pc})に乗算して基本電流(I_{pc})を算出する。操舵力微分電流算出部220は、操舵力センサ8の検出値(T_{HT})を微分して、操舵力微分(dT_{HT}/dt)を算出する。さらに、操舵力微分電流算出部220は、操舵力微分(dT_{HT}/dt)を入力電流(K_{oc})に乗算して操舵力微分電流(I_{oc})を算出する。

【0056】操舵速電流算出部230は、操舵速センサ

9の検出値($d\theta_h/dt$)を、入力電流(K_{p0})に乘算して操舵速電流(I_{p0})を算出する。操舵加速度電流算出部240は、操舵速センサ9の検出値($d\theta_h/dt$)を時間で微分して操舵加速度($d^2\theta_h/d^2t$)を算出する。そして、操舵加速度電流算出部240は、操舵加速度($d^2\theta_h/d^2t$)を入力電流(K_{kN})に乘算して操舵加速度電流(I_{kN})を算出する。

【0057】操舵力乗算部250は、操舵力微分電流算出部220、操舵速電流算出部230、及び操舵加速度電流算出部240が算出した各々の電流に、操舵力セン

10 【数式1】

$$\begin{aligned} \text{基本電流} &: I_{pG} = K_{pG} \times T_{HT} \\ \text{操舵力微分電流} &: I_{DG} = A_{DG} \times K_{DG} \times dT_{HT}/dt \times T_{HT} \\ \text{操舵速電流} &: I_{p0} = A_{p0} \times K_{p0} \times d\theta_h/dt \times T_{HT} \\ \text{操舵加速度電流} &: I_{kN} = A_{kN} \times K_{kN} \times d^2\theta_h/dt^2 \times T_{HT} \\ \text{指令電流値} &: I = I_{pG} + I_{DG} + I_{p0} + I_{kN} \end{aligned}$$

次に、本実施例1における電動式パワーステアリング装置の動作について説明する。

【0061】車両の運転者が操舵ハンドル1を回転させると、この回転力は入力軸2へ伝達される。そして、入力軸2と出力軸20との間にはトーションバー16の捻れ似る相対捻れが発生する。

【0062】ここで、相対捻れの大きさが不感帯の距離以上になると、電導ブラシ17a・17bと導体18a・18bとが接触する。これにより、アシストモータ12とバッテリー13とが電氣的に接続され、アシストモータ12が回転する。このアシストモータ12の回転力は、ピニオンギヤ15からラック4へ伝達され、左右のナックルアーム5の稼動を補助する。

【0063】ここで、電流制御部は、操舵力センサ8と操舵速センサ9との検出信号に基づいてバッテリー13からアシストモータ12へ供給すべき電流値を決定する。すなわち、電流制御部は、操舵力センサ8と操舵速センサ9との検出信号に基づいて上記数式1に示す処理を行い、指令電流値(I)を決定する。

【0064】この指令電流値は、ドライバ制御部22へ入力される。ドライバ制御部22は、バッテリー13からアシストモータ12へ供給されている電流値と指令電流値(I)とを比較して、双方の誤差が所定値を越えている場合には、スイッチデバイス19を制御して供給電流を増幅させる。

【0065】スイッチ回路7は、ドライバ制御部22から供給される電流を、電導ブラシ17a・17b及び導体18a・18bを介してアシストモータ12へ供給する。

(実施例1の効果) 本実施例1によれば、操舵力微分電流(I_{DG})、操舵速電流(I_{p0})、及び操舵加速度電流(I_{kN})に操舵力(T_{HT})を乗算することにより、各電流の立ち上がり電流値及び立ち下がり電流値を"0"にすることができる。具体的には、不感帯が設定されてい

*【0058】指令電流値決定部260は、基本電流(I_{pG})に、操舵力乗算部250から出力される操舵力微分電流(I_{DG})と、操舵速電流(I_{p0})と、操舵加速度電流(I_{kN})とを加算して、アシストモータ12へ供給すべき指令電流値(I)を算出する。指令電流値決定部260は、算出した指令電流値(I)をドライバ制御部22の誤差増幅器22bへ入力させる。

【0059】上記の各部の処理手順を数式1に示す。

【0060】

【数式1】

る中立付近では、操舵力の値が"0"となるため、不感帯からの立ち上げ電流値及び不感帯への立ち下げ電流値を"0"とすることができる。

【0066】ここで、本実施例1の電流指令発生部21が取り扱う各電流のふるまいを図6に示す。図6(a)は、基本電流(I_{pG})と操舵力(T_{HT})とのふるまいを示している。

【0067】図6(b)は、操舵力微分電流(I_{DG})と操舵力微分(dT_{HT}/dt)のふるまいを示している。図6(c)は、操舵速電流(I_{p0})と操舵速($d\theta_h/dt$)のふるまいを示している。

【0068】図6(d)は、操舵加速度電流(I_{kN})と操舵加速度($d^2\theta_h/d^2t$)のふるまいを示している。そして、図6(e)は、指令電流値(I)のふるまいを示している。

【0069】図6(b)~(d)に示すように、各補正電流は、不感帯(電流値=0)から立ち上がるとき、電流値"0"から滑らかに立ち上がっている。逆に不感帯(電流値=0)へ立ち下がる場合も、急激な断絶ではなく、滑らかに電流値"0"へ立ち下がっている。これら図6(a)から図6(d)の電流を総て合算した図6(e)においても、不感帯の前後における電流の立ち上がり及び立ち下がり、電流値"0"から滑らかに立ち上がると共に、電流値"0"へ滑らかに立ち下がっている。

【0070】次に、図7に、本実施例1の電動式パワーステアリング装置を搭載した車両でスラローム走行を行った際の、操舵力と操舵角との関係を示す。図中Sはハンドル操作の開始点であり、操舵力及び操舵角は共に零である。

【0071】同図において、運転者にかかる操舵力の変化は抑制されたものとなっている。これは、アシストモータ12によるアシストトルクの変化が穏やかになったことを示している。つまり、図6において不感帯の前後

における指令電流値(1)は、電流値"0"から滑らかに立ち上がると共に、電流値"0"へ滑らかに立ち下がるため、アシストモータ12のアシストトルクもトルク"0"から滑らかに立ち上がると共に、トルク"0"へ滑らかに立ち下がることになる。具体的には、操舵初期において、不感帯(アシストトルク=0)から切り増していき、電導ブラシ17a・17bとが接触し始めると、アシストトルクは"0"から徐々に大きくなっていくことになる。また、切り戻しにおいて、舵角が小さくなっていくにつれてアシストトルクは"0"へ近づいていき、舵角が不感帯領域へ達すると"0"になる。

【0072】従って、運転者にとって、急激に操舵ハンドルが重くなったり、あるいは急激に軽くなったりすることを抑制することが出来る。また、図8は、本実施例1における指令電流値(1)の周波数と操舵力/操舵角の位相との関係を示している。この図において、本実施例1の電動式パワーステアリング装置は、従来例と同じ臨界周波数を実現でき、従来から行われている慣性補正の効果を損なっていないことがわかる。

【0073】従って、本実施例1によれば、従来から行われている慣性補正の効果を損なうことなく、アシストモータ12へ供給すべき電流の急激な変化を抑制することにより、アシストモータ12によるアシストトルクの急激な変化を抑制でき、自然な操舵感を実現することが出来る。

【0074】

【実施例2】本実施例2の電動式パワーステアリング装置のハードウェア構成は、前述の実施例1と同様であり、説明は省略する。

【0075】本実施例2の電流指令発生部21は、前述の実施例1に対して電流の補正処理が異なっている。ここで、図8に、本実施例2におけるCPU21aが図示しないメモリのプログラムを実行することにより実現される機能構成を示す。

【0076】同図において、電流指令発生部21は、基本電流算出部210、操舵力微分電流算出部220、操舵速電流算出部230、操舵加速度電流算出部240、電流立ち上げ部270、及び指令電流値決定部260を備えている。

【0077】基本電流算出部210、操舵力微分電流算出部220、操舵速電流算出部230、操舵加速度電流算出部240、及び指令電流値決定部260の機能は、前述の実施例1と同様であり、説明は省略する。

【0078】電流立ち上げ部270は、操舵力微分電流(I_{dc})と操舵速電流(I_{po})と操舵加速度電流(I_{ka})との各々に異なる操舵力値を設定し、操舵力センサ8の検出値が何れかの操舵力値に達すると、その操舵力値に対応する電流を立ち上げあるいは立ち下げる。

【0079】これに対応して、指令電流値決定部260は、基本電流(I_{pc})に、電流立ち上げ部270により

立ち上げられている補正電流のみを加算して、指令電流値を決定するものとする。

【0080】例えば、電流立ち上げ部270が、操舵力微分電流(I_{dc})に操舵力値 T_{HT1} を設定し、操舵速電流(I_{po})に操舵力値 T_{HT2} を設定し、操舵加速度電流(I_{ka})に操舵力値 T_{HT3} を設定した場合(但し、 $T_{HT1} < T_{HT2} < T_{HT3}$ とする)、電流指令発生部21は、スイッチ回路7の電導ブラシ17a・17bと導体18a・18bとが接触した時点で基本電流(I_{pc})を立ち上げる。この時点から操舵力センサ8の検出値が T_{HT1} に達するまでの間は、電流立ち上げ部270は、何れの補正電流も立ち上げない。そして、指令電流値決定部260は、基本電流(I_{pc})を指令電流値(1)として決定する($I = I_{pc}$)。

【0081】そして、操舵力センサ8の検出値が T_{HT1} に達すると、電流立ち上げ部270は、操舵力微分電流(I_{dc})を立ち上げる。このとき、指令電流値決定部260は、基本電流(I_{pc})に、補正電流としての操舵力微分電流(I_{dc})のみを加算して指令電流値(1)を決定する($I = I_{pc} + I_{dc}$)。

【0082】さらに、操舵力センサ8の検出値が T_{HT2} に達すると、電流立ち上げ部270は、操舵速電流(I_{po})を立ち上げる。このとき、指令電流値決定部260は、基本電流(I_{pc})に、補正電流としての操舵力微分電流(I_{dc})と操舵速電流(I_{po})とを加算して、指令電流値(1)を決定する($I = I_{pc} + I_{dc} + I_{po}$)。

【0083】また、操舵力センサ8の検出値が T_{HT3} に達すると、電流立ち上げ部270は、総高速度電流(I_{ka})を立ち上げる。このとき、指令電流値決定部260は、基本電流(I_{pc})に、補正電流としての操舵力微分電流(I_{dc})と操舵速電流(I_{po})と操舵加速度電流(I_{ka})とを加算して、指令電流値(1)を決定する($I = I_{pc} + I_{dc} + I_{po} + I_{ka}$)。

尚、電流の立ち下げを行う場合は、上記の処理とは逆の順序で処理を実行する。

【0084】(実施例2の効果)本実施例2によれば、操舵力微分電流(I_{dc})、操舵速電流(I_{po})、及び操舵加速度電流(I_{ka})の立ち上げ及び立ち下げタイミングを、操舵力センサ8の検出した操舵力値に基づいてずらすことにより、指令電流値(1)の立ち上がり電流値及び立ち下がり電流値を"0"とすることが出来る。

【0085】ここで、本実施例2の電流指令発生部21が算出する各種電流のふるまいを図10に示す。図10(a)は、基本電流(I_{pc})と操舵力(T_{HT})とのふるまいを示している。

【0086】図10(b)は、操舵力微分電流(I_{dc})と操舵力微分(dT_{HT}/dt)のふるまいを示している。図10(c)は、操舵速電流(I_{po})と操舵速($d\theta_H/dt$)のふるまいを示している。

【0087】図10(d)は、操舵加速度電流(I_{ka})

と操舵加速度 ($d^2\theta_H/d^2t$) のふるまいを示している。そして、図10 (e) は、指令電流値 (I) のふるまいを示している。

【0088】図10 (b) ~ (d) に示すように、操舵力に基づいて立ち上がりタイミング及び立ち下げタイミングをずらすことにより、指令電流値 (I) の不感帯からの立ち上がり電流値は、基本電流 (I_{pc}) に依存することになるが、基本電流値 (I_{pc}) の立ち上がり電流値は"0"であるから指令電流値の立ち上がり電流値も"0"となる。これにより、不感帯の前後において、指令電流値の立ち上げ電流値及び立ち下げ電流値は"0"とすることができ、急激な立ち上がりや断絶を抑制することが出来る。

【0089】次に、図11に、本実施例2の電動式パワーステアリング装置を搭載した車両でスラローム走行を行った際の、操舵力と操舵角との関係を示す。図中Sはハンドル操作の開始点であり、操舵力及び操舵角は共に零である。

【0090】同図によれば、ハンドルの切り返し時等に不感帯の前後で発生していた操舵力の急激な増減が抑制されているのがわかる。これは、不感帯の前後における指令電流値の急激な立ち上がりや急激な断絶を抑制したためである。

【0091】また、図12は、本実施例2における指令電流値 (I) の周波数と操舵力/操舵角の位相との関係を示している。この図において、本実施例2の電動式パワーステアリング装置は、従来例と同じ臨界周波数を実現でき、従来から行われている慣性補正の効果を損なっていないことがわかる。

【0092】従って、本実施例2によれば、従来から行われている慣性補正の効果を損なうことなく、アシストモータ12へ供給すべき電流の急激な変化を抑制することにより、アシストモータ12によるアシストトルクの急激な変化を抑制でき、自然な操舵感を実現することが出来る。

【0093】

【実施例3】本実施例3における電動式パワーステアリング装置のハードウェア構成は前述の実施例1と同様であり、説明は省略する。

【0094】本実施例3の電流指令発生部21は、前述の実施例1に対して電流の補正処理が異なっている。ここで、図13に、本実施例3におけるCPU21aが図示しないメモリのプログラムを実行することにより実現される機能構成を示す。

【0095】同図において、電流指令発生部21は、基本電流算出部210、操舵力微分電流算出部220、操舵速電流算出部230、操舵加速度電流算出部240、電流立ち上げ部280、及び指令電流値決定部260を備えている。

【0096】基本電流算出部210、操舵力微分電流算

出部220、操舵速電流算出部230、操舵加速度電流算出部240、及び指令電流値決定部260の機能は、前述の実施例1と同様であり、説明は省略する。

【0097】電流立ち上げ部280は、操舵力微分電流 (I_{pc}) と操舵速電流 (I_{po}) と操舵加速度電流 (I_{pa}) との各々に時定数を設定し、各補正電流の立ち上げあるいは立ち下げを各時定数に基づいて行う。例えば、操舵力微分電流 (I_{pc}) の時定数を T_{1sec} とすると、立ち上げ時点から T_{1sec} が経過するまでは、操舵力微分電流算出部220が算出した操舵力微分電流 (I_{pc}) に経過時間を乗算する。立ち上がり時点での経過時間は"0sec"であるから、操舵力微分電流 (I_{pc}) の立ち上がり電流値は"0"となる。

【0098】尚、前述したように経過時間を乗算する電流処理に代えて、所定の時定数を有するフィルタを介して各電流を出力させて、電流の立ち上がりをなますようにしてもよいことは言うまでもない。

【0099】(実施例3の効果) 本実施例3によれば、操舵力微分電流 (I_{pc})、操舵速電流 (I_{po})、及び操舵加速度電流 (I_{pa}) の各々に立ち上げ時定数を設定することにより、各電流の立ち上がりが穏やかになる。これにより、指令電流 (I) の不感帯前後における急激な変化を緩和することができる。

【0100】ここで、本実施例3の電流指令発生部21が算出する各種電流のふるまいを図14に示す。図14 (a) は、基本電流 (I_{pc}) と操舵力 (T_H) とのふるまいを示している。

【0101】図14 (b) は、操舵力微分電流 (I_{pc}) と操舵力微分 (dT_H/dt) のふるまいを示している。図14 (c) は、操舵速電流 (I_{po}) と操舵速 ($d\theta_H/dt$) のふるまいを示している。

【0102】図14 (d) は、操舵加速度電流 (I_{pa}) と操舵加速度 ($d^2\theta_H/d^2t$) のふるまいを示している。そして、図14 (e) は、指令電流値 (I) のふるまいを示している。

【0103】図14 (b) ~ (d) に示すように、時定数に基づいて各補正電流の立ち上がりをなますことにより、不感帯の前後における各補正電流の立ち上がり電流値及び立ち下がり電流値を"0"とすることができる。そして、図14 (e) に示す様に、指令電流値の立ち上がり電流値及び立ち下げ電流値が"0"となっているのがわかる。これにより、指令電流値 (I) の不感帯前後における急激な立ち上がり及び急激な断絶を抑制することができる。

【0104】次に、図15に、本実施例3の電動式パワーステアリング装置を搭載した車両でスラローム走行を行った際の、操舵力と操舵角との関係を示す。図中Sはハンドル操作の開始点であり、操舵力及び操舵角は共に零である。

【0105】同図において、従来では操舵ハンドルの切

り返し時等に不感帯の前後で発生していた操舵力の急激な増減が緩和されているのがわかる。これは、上記図14に示したように、指令電流値の不感帯前後における急激な立ち上がり及び急激な断絶を抑制したためである。

【0106】また、図16は、本実施例3における操舵力/操舵角の周波数と位相との関係を示している。この図において、本実施例2の電動式パワーステアリング装置は、従来例と同じ臨界周波数を実現でき、従来から行われている慣性補正の効果を損なっていないことがわかる。

【0107】従って、本実施例3によれば、従来から行われている慣性補正の効果を損なうことなく、アシストモータ12へ供給すべき電流の急激な変化を緩和することにより、アシストモータ12によるアシストトルクの急激な変化を抑えることができ、より自然な操舵感を実現することが出来る。

【0108】

【実施例4】本実施例4における電動式パワーステアリング装置のハードウェア構成は前述の実施例1と同様であり、説明は省略する。

【0109】本実施例4の電流指令発生部21は、前述の実施例1に対して電流の補正処理が異なっている。ここで、図17に、本実施例4におけるCPU21aが図示しないメモリのプログラムを実行することにより実現される機能構成を示す。

【0110】同図において、電流指令発生部21は、基本電流算出部210、操舵力微分電流算出部220、操舵速電流算出部230、操舵加速度電流算出部240、電流立ち上げ部290、及び指令電流値決定部260を備えている。

【0111】基本電流算出部210、操舵力微分電流算出部220、操舵速電流算出部230、操舵加速度電流算出部240、及び指令電流値決定部260の機能は、前述の実施例1と同様であり、説明は省略する。

【0112】電流立ち上げ部290は、操舵力微分電流(I_{pc})と操舵速電流(I_{po})と操舵加速度電流(I_{pa})との各々に異なる所定時間を設定し、基本電流(I_{pc})を立ち上げてから所定時間が経過した補正電流を順次立ち上げあるいは立ち下げていくものである。例えば、操舵力微分電流(I_{pc})の所定時間を T_1 とし、操舵速電流(I_{po})の所定時間を T_2 とし、操舵加速度電流(I_{pa})の所定時間を T_3 と設定した場合(但し、 $T_1 < T_2 < T_3$ とする)、電流指令発生部21は、スイッチ回路7の電導ブラシ17a・17bと導体18a・18bとが接触した時点で基本電流(I_{pc})を立ち上げる。この時点から所定時間 T_1 が経過するまでの間は、電流立ち上げ部270は、何れの補正電流も立ち上げない。そして、指令電流値決定部260は、基本電流(I_{pc})を指令電流値(I)として決定する($I = I_{pc}$)。

【0113】そして、所定時間 T_1 が経過した時で、電

流立ち上げ部270は、操舵力微分電流(I_{pc})を立ち上げる。このとき、指令電流値決定部260は、基本電流(I_{pc})に、補正電流としての操舵力微分電流(I_{pc})のみを加算して指令電流値(I)を決定する($I = I_{pc} + I_{pc}$)。

【0114】さらに、所定時間 T_2 が経過した時点で、電流立ち上げ部270は、操舵速電流(I_{po})を立ち上げる。このとき、指令電流値決定部260は、基本電流(I_{pc})に、補正電流としての操舵力微分電流(I_{pc})と操舵速電流(I_{po})とを加算して、指令電流値(I)を決定する($I = I_{pc} + I_{pc} + I_{po}$)。

【0115】また、所定時間 T_3 が経過した時点で、電流立ち上げ部270は、操舵加速度電流(I_{pa})を立ち上げる。このとき、指令電流値決定部260は、基本電流(I_{pc})に、補正電流としての操舵力微分電流(I_{pc})と操舵速電流(I_{po})と操舵加速度電流(I_{pa})とを加算して、指令電流値(I)を決定する($I = I_{pc} + I_{pc} + I_{po} + I_{pa}$)。

尚、電流の立ち下げを行う場合は、上記の処理とは逆の順序で処理を実行する。

【0116】(実施例4の効果)本実施例4によれば、操舵力微分電流(I_{pc})、操舵速電流(I_{po})、及び操舵加速度電流(I_{pa})の各々に立ち上げ及び立ち下げタイミングをずらすことにより、指令電流値(I)の不感帯前後における急激な変化を抑制することが出来る。

【0117】ここで、本実施例4の電流指令発生部21が算出する各種電流のふるまいを図18に示す。図18(a)は、基本電流(I_{pc})と操舵力(T_{Hr})とのふるまいを示している。

【0118】図18(b)は、操舵力微分電流(I_{pc})と操舵力微分(dT_{Hr}/dt)のふるまいを示している。図18(c)は、操舵速電流(I_{po})と操舵速($d\theta_H/dt$)のふるまいを示している。

【0119】図18(d)は、操舵加速度電流(I_{pa})と操舵加速度($d^2\theta_H/dt^2$)のふるまいを示している。そして、図18(e)は、指令電流値(I)のふるまいを示している。

【0120】図18(a)~(e)に示す様に、各補正電流の立ち上げタイミング及び立ち下げタイミングをずらすことにより、指令電流値(I)の不感帯前後における立ち上げ電流値と立ち下げ電流値とが"0"となっているのがわかる。これにより、指令電流値(I)の不感帯前後における急激な立ち上がり及び急激な断絶を抑制することができる。

【0121】次に、図19に、本実施例4の電動式パワーステアリング装置を搭載した車両でスラローム走行を行った際の、操舵力と操舵角との関係を示す。図中Sはハンドル操作の開始点であり、操舵力及び操舵角は共に零である。

【0122】同図において、従来では操舵ハンドルの切

り返し時等に不感帯の前後で発生していた操舵力の急激な増減が抑制されているのがわかる。これは、図18に示したように不感帯前後における指令電流値(1)の急激な立ち上がり及び急激な断絶を抑制したためである。

【0123】また、図20は、本実施例4における指令電流値(1)と操舵力/操舵角の位相との関係を示している。同図において、本実施例4の電動式パワーステアリング装置は、従来例と略同じ臨界周波数を実現でき、従来から行われている慣性補正の効果を損なっていないことがわかる。

【0124】従って、本実施例4によれば、従来から行われている慣性補正の効果を損なうことなく、アシストモータ12へ供給すべき電流の急激な変化を緩和することにより、アシストモータ12によるアシストトルクの急変を抑えることができ、より自然な操舵感を実現することが出来る。

【0125】尚、上記の実施例1～実施例4においては、経時変化電流として、操舵力微分電流($I_{\phi c}$)、操舵速電流($I_{\phi s}$)、及び操舵加速度電流($I_{\phi a}$)を例に挙げているが、これらの少なくとも一つの経時変化電流値を制御対象とするようにしてもよい。

【0126】また、実施例1～実施例4の補正処理を複数あるいは総て組み合わせた制御を行うようにしてもよい。

【0127】

【発明の効果】上記第1の発明によれば、補正電流としての経時変化電流に操舵力を乗算することにより、経時変化電流の立ち上がり及び立ち下がり等を穏やかにすることができ、指令電流値の急激な立ち上がり及び急激な断絶を抑制することが出来る。従って、不感帯を設定した電動式パワーステアリング装置においては、従来から行われている慣性補正の効果を損なわずに、不感帯前後における指令電流値の急激な立ち上がり及び急激な断絶を抑制して、電動モータの回転トルクの急激な変化を抑え、自然な操舵感を得ることが出来る。

【0128】また、第2の発明によれば、各経時変化電流の立ち上げタイミング及び立ち下げタイミングを、操舵力に基づいてずらすことにより、指令電流値の立ち上げ及び立ち下がり等を穏やかにすることが出来る。これにより、上記第1の構成と同様の効果を得ることが出来る。

【0129】さらに、本発明の第3の構成によれば、各経時変化電流の立ち上がり及び立ち下がり等を時定数に基づいて滑らかにし、指令電流値の立ち上がり及び立ち下がり等を穏やかにすることが出来る。これにより、上記第1の構成と同様の効果を得ることが出来る。

【0130】また、本発明の第4の構成によれば、各経時変化電流の立ち上げタイミング及び立ち下げタイミングを時間に基づいてずらすことにより、指令電流値の立ち上がり及び立ち下がり等を穏やかにすることが出来る。

これにより、上記第1の構成と同様の効果を得ることが出来る。

【図面の簡単な説明】

【図1】本実施例における電動式パワーステアリング構成を示す図

【図2】スイッチ回路の構成を示す図

【図3】コントローラ11とスイッチ回路7とから構成されるシステムの等価回路を示す図

【図4】スイッチ回路7の動作例

10 【図5】実施例1における電流指令発生部の機能別構成ブロック図

【図6】実施例1における電流のふるまいを示す図

【図7】スラローム走行時の操舵力と操舵角との関係を示す図

【図8】操舵力/操舵角の周波数と位相との関係を示す図

【図9】実施例2における電流指令発生部の機能別構成ブロック図

【図10】実施例2における電流のふるまいを示す図

20 【図11】スラローム走行時の操舵力と操舵角との関係を示す図

【図12】操舵力/操舵角の周波数と位相との関係を示す図

【図13】実施例3における電流指令発生部の機能別構成ブロック図

【図14】実施例3における電流のふるまいを示す図

【図15】スラローム走行時の操舵力と操舵角との関係を示す図

30 【図16】操舵力/操舵角の周波数と位相との関係を示す図

【図17】実施例4における電流指令発生部の機能別構成ブロック図

【図18】実施例4における電流のふるまいを示す図

【図19】スラローム走行時の操舵力と操舵角との関係を示す図

【図20】操舵力/操舵角の周波数と位相との関係を示す図

【図21】従来の補正電流のふるまいを示す図

40 【図22】従来の電動式パワーステアリング装置による指令電流値の周波数と操舵力/操舵角の位相との関係図

【図23】従来の電動式パワーステアリング装置を搭載した車両のスラローム特性を示す図

【符号の説明】

1・・・操舵ハンドル

2・・・入力軸

3・・・ピニオンギヤ

4・・・ラック

5・・・ナックルアーム

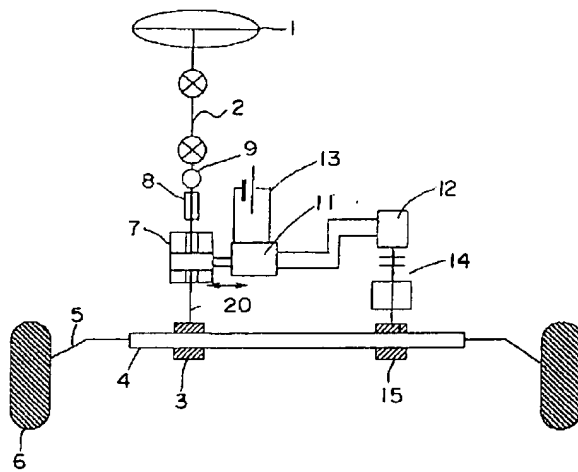
6・・・車輪

50 7・・・スイッチ回路

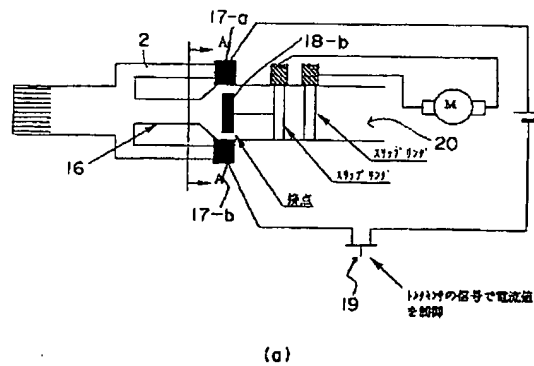
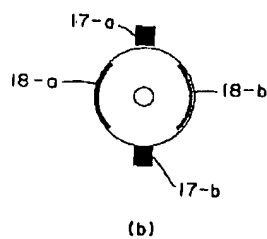
- 8・・・操舵力センサ
- 9・・・操舵速センサ
- 10・・・車速センサ
- 11・・・コントローラ
- 12・・・アシストモータ（電動モータ）
- 13・・・バッテリー
- 14・・・回転軸
- 15・・・ピニオンギヤ
- 16・・・トーションバー
- 17a・・・電導ブラシ
- 17b・・・電導ブラシ
- 18a・・・導体
- 18b・・・導体
- 19・・・スイッチングデバイス

- * 20・・・出力軸
- 21・・・電流指令発生部
- 21a・・・CPU
- 22・・・電流制御部
- 23・・・フェール判断部
- 210・・・基本電流算出部
- 220・・・操舵力微分電流算出部
- 230・・・操舵速電流算出部
- 240・・・操舵加速度電流算出部
- 10 250・・・操舵力乗算部
- 260・・・指令電流決定部
- 270・・・電流立ち上げ部
- 280・・・電流立ち上げ部
- * 290・・・電流立ち上げ部

【図1】



【図2】

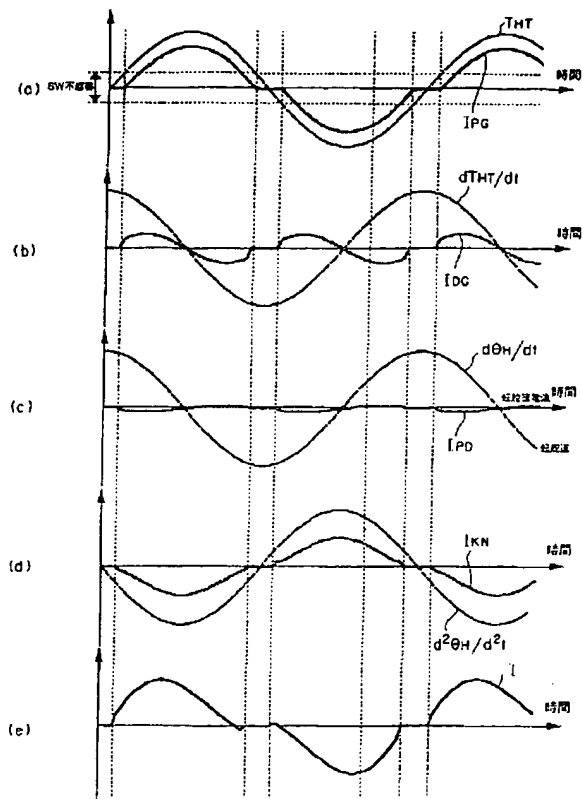


[illegible]

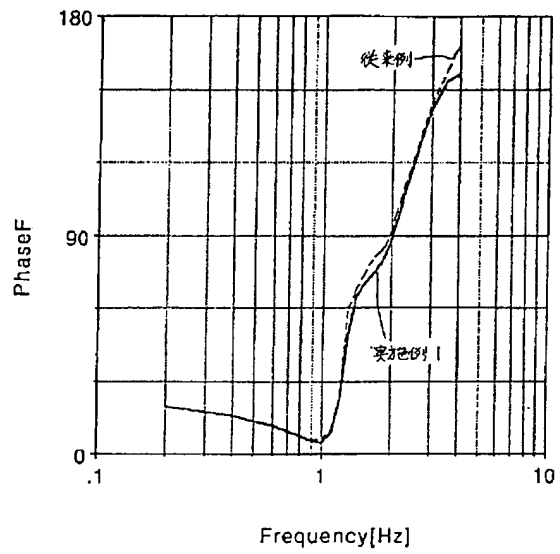
Figure 1 is a block diagram of a steering current value determination system. It includes the following components and connections:

- 操舵力センサ (Steering Force Sensor):** Provides input to the basic current calculation unit (210) and the steering force differential current calculation unit (220).
- 基本電流算出部 (Basic Current Calculation Unit 210):** Outputs I_{PG} to the instruction current value determination unit (260).
- 操舵力微分電流算出部 (Steering Force Differential Current Calculation Unit 220):** Outputs I_{DG} to the steering force multiplication unit (250).
- 操舵角速度 (Steering Angular Velocity):** Provides input to the steering speed current calculation unit (230).
- 操舵速電流算出部 (Steering Speed Current Calculation Unit 230):** Outputs I_{PD} to the steering force multiplication unit (250).
- 操舵加速度電流算出部 (Steering Acceleration Current Calculation Unit 240):** Outputs I_{KN} to the steering force multiplication unit (250).
- 操舵力乗算部 (Steering Force Multiplication Unit 250):** Receives I_{DG} , I_{PD} , and I_{KN} as inputs. It outputs a signal to the instruction current value determination unit (260).
- 指令電流値決定部 (Instruction Current Value Determination Unit 260):** Receives I_{PG} from unit 210 and a signal from unit 250. It outputs the final **誤差増幅器 (Error Amplifier)**.

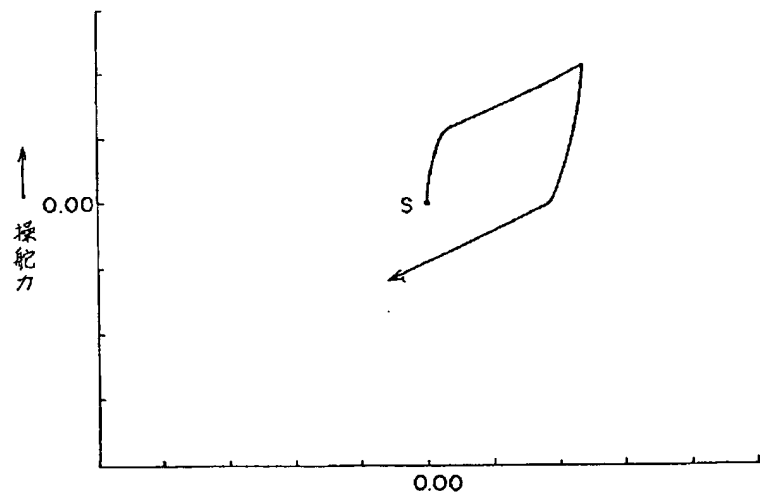
【図6】



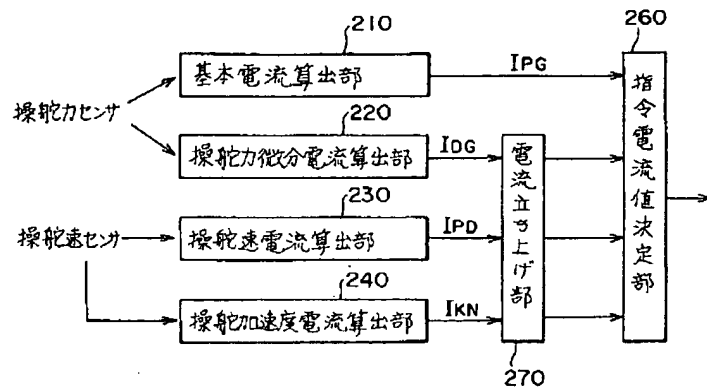
【図8】



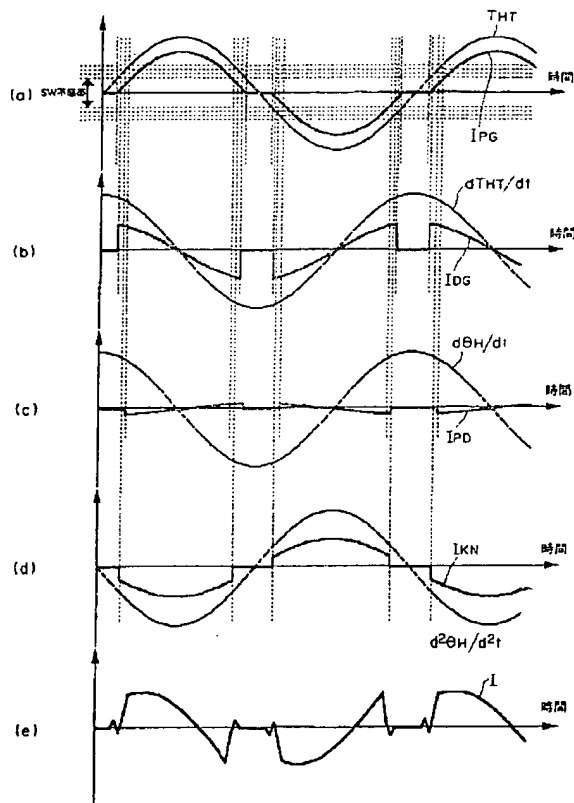
【図7】



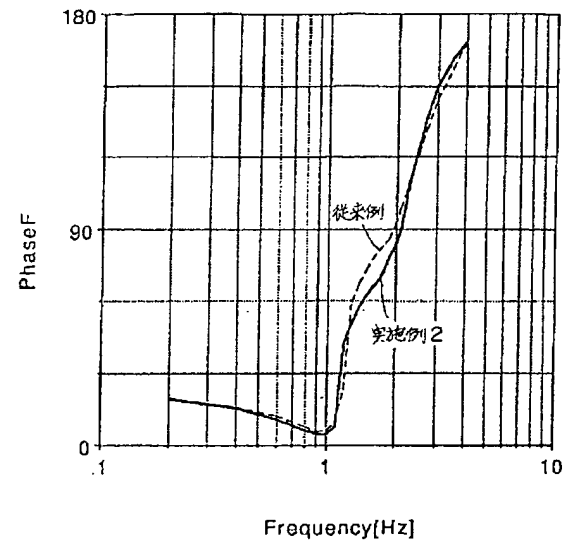
【図9】



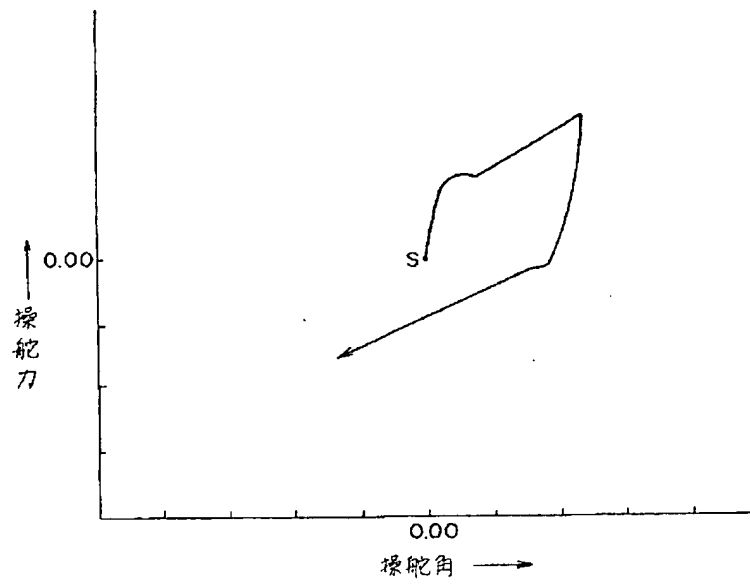
【図10】



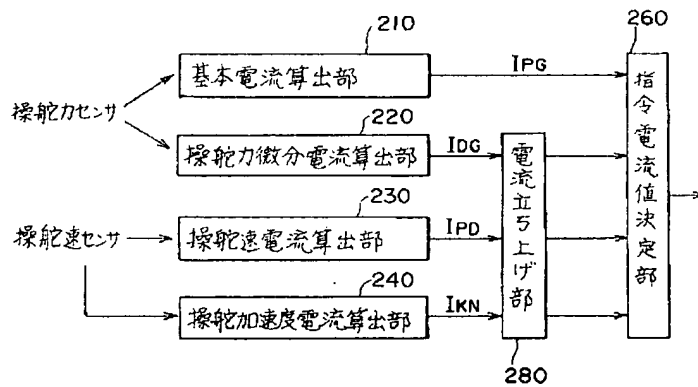
【図12】



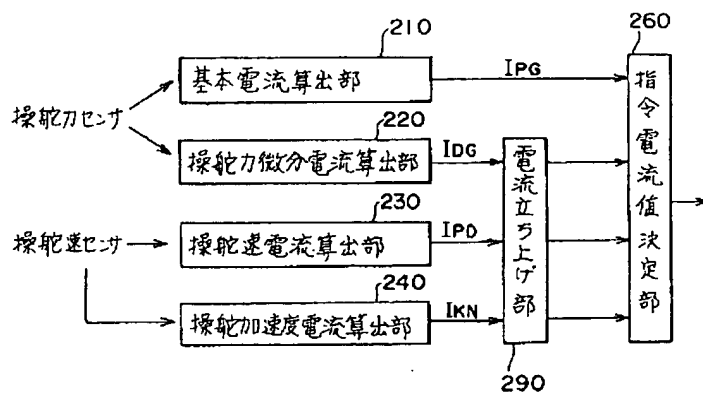
【図11】



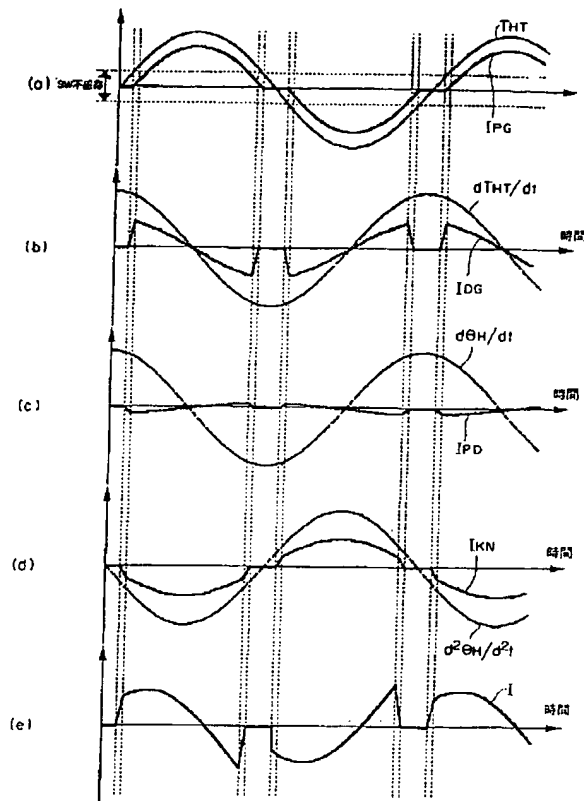
【図13】



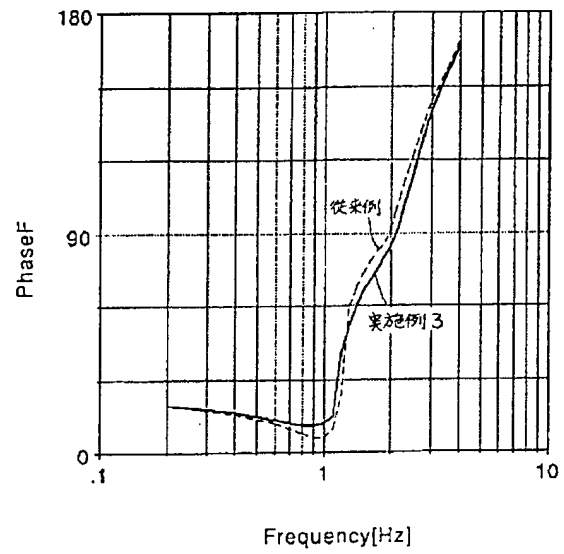
【図17】



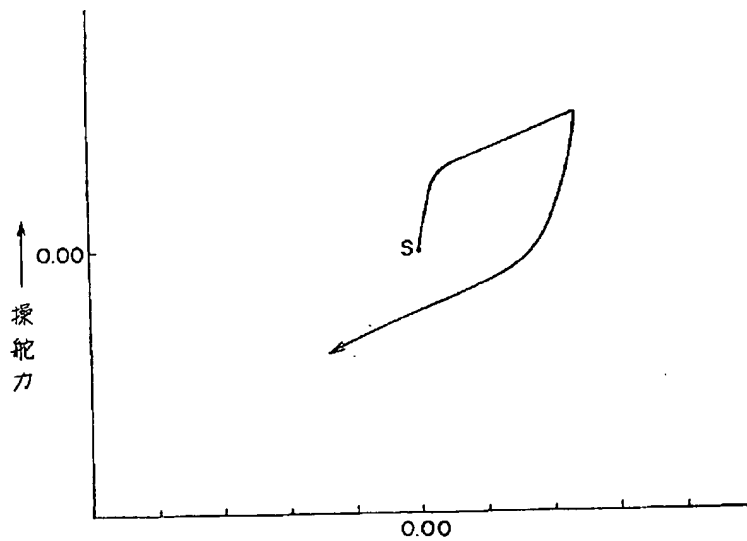
【図14】



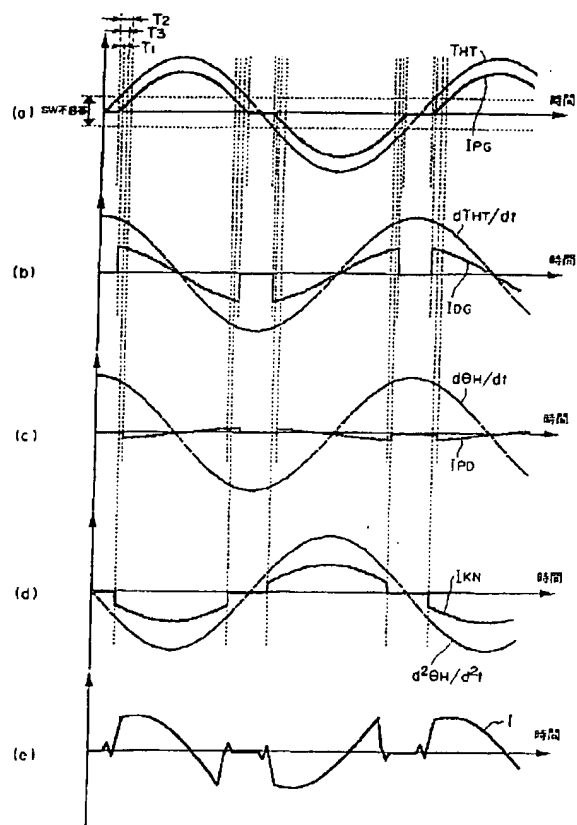
【図16】



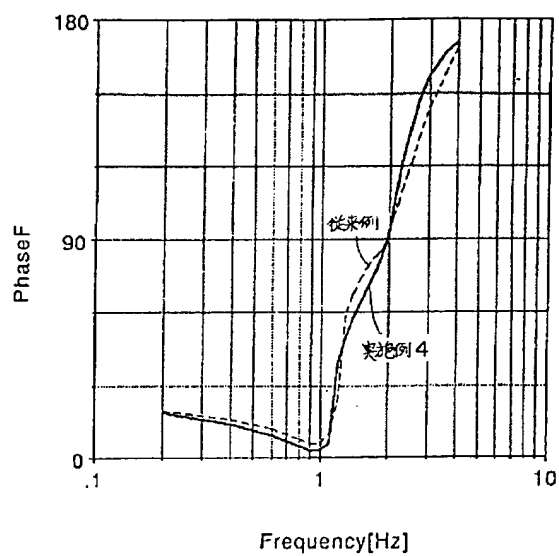
【図15】



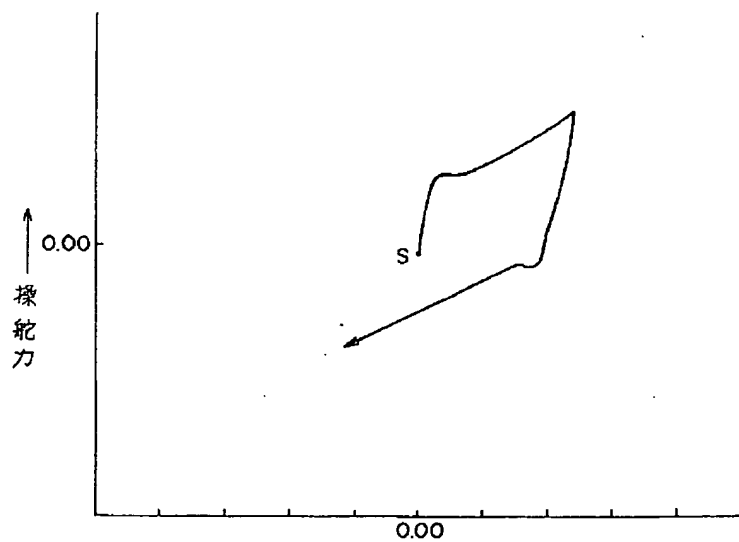
【図18】



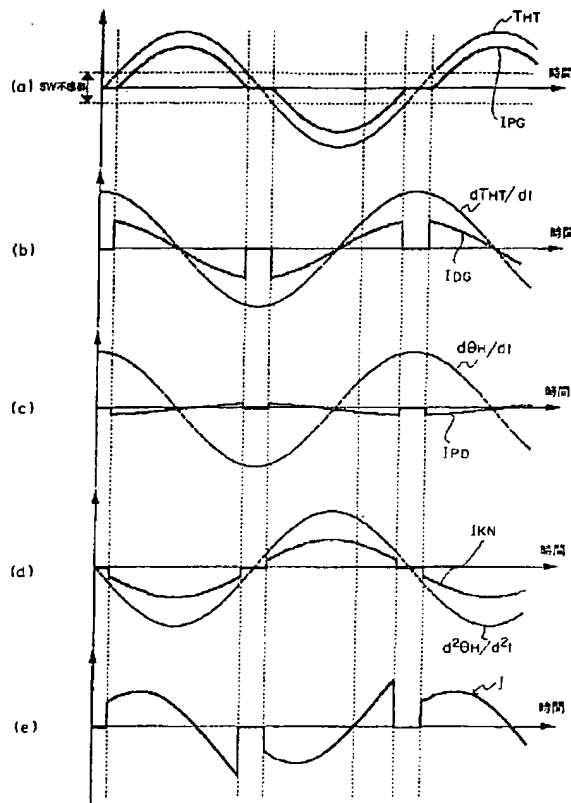
【図20】



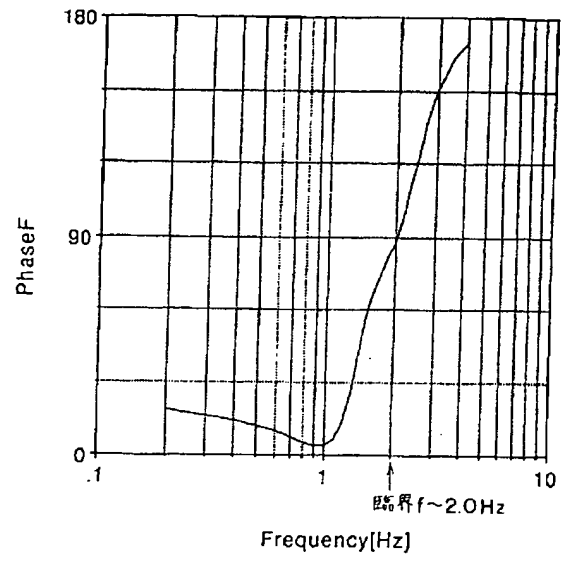
【図19】



【図21】



【図22】



【図23】

